

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DPSK-PON NO
COHERENTE A 10GBITS/S PARA EL ANÁLISIS
DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE REDES DE
NUEVA GENERACIÓN**

**AUTORES:
BENITO RUMY CACHIMUEL CHIZA
LENIN SANTIAGO RIVADENEIRA
PUETATE**

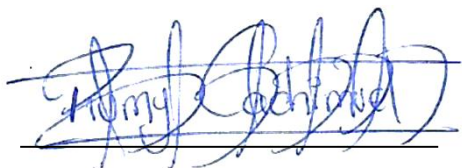
**TUTOR:
GERMÁN VICENTE ARÉVALO BERMEO**

Quito, febrero del 2019

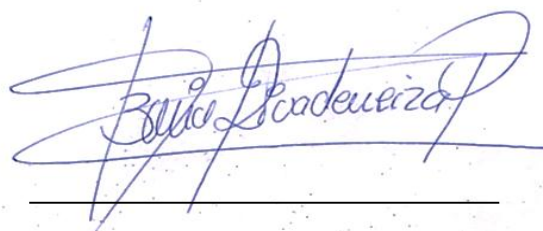
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Benito Rummy Cachimuel Chiza y Lenin Santiago Rivadeneira Puetate con documentos de identificación N° 1718684564 y N° 1718988759 respectivamente, manifestamos conscientemente nuestra voluntad para ceder a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales de esta investigación en virtud de ser los autores del trabajo de titulación, intitulado: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DPSK-PON NO COHERENTE A 10GBITS/S PARA EL ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN”, mismo que ha sido desarrollado para así poder optar por los títulos de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad en toda la facultad de ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, como autores de este documento nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Benito Rummy Cachimuel Chiza
CI: 1718684564



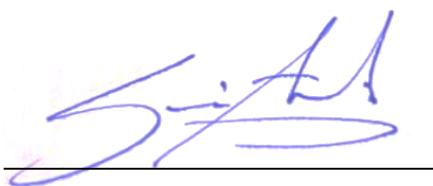
Lenin Santiago Rivadeneira Puetate
CI: 1718988759

Quito, febrero de 2019.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DPSK-PON NO COHERENTE A 10GBITS/S PARA EL ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN” realizado por Benito Rummy Cachimuel Chiza y Lenin Santiago Rivadeneira Puetate, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, 20 de febrero del 2019.



Germán Vicente Arévalo Bermeo

CI: 010315250-0

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DPSK-PON NO COHERENTE A 10GBITS/S PARA EL ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN

IMPLEMENTATION OF A DPSK-PON NETWORK NON COHERENT TO 10GBITS / S FOR THE ANALYSIS OF THE TRANSMISSION SPEED OF NEW GENERATION NETWORKS

Benito Rummy Cachimuel¹, Lenin Santiago Rivadeneira¹

Resumen

El siguiente artículo presenta la implementación de un sistema de transmisión de datos DPSK-PON, cuya finalidad fue analizar y verificar el desempeño de la red con una recepción no coherente. Para la realización de dicho estudio se requirió plantear dos casos que son la simulación en el software Optsim y a través de la implementación con equipos físicos y en tiempo real. En cada caso se requirió de un procesador digital de señal se lo hizo con el software matemático Matlab. La transmisión del sistema fue llevada a cabo con una velocidad de 10 Gb/s con un enlace óptico de 20 km de fibra monomodo G.652D, los cuales fueron recibidos por un receptor no coherente que consta de un interferómetro Mach Zehnder y dos fotoreceptores balanceados. Los resultados adquiridos en la experimentación comprueban que la transmisión de datos DPSK-PON tiene una sensibilidad de -12.84 dBm y en una señal OOK (On-Off Keying) tiene alrededor de -11.85 dBm para un BER de 10^{-3} en una distancia de 20 Km con una cantidad de 200000 bits transmitidos.

Palabras Clave: PON, DPSK, Red Óptica, Receptor no-coherente.

Abstract

The following article presents the implementation of a DPSK-PON data transmission system, whose purpose was to analyze and verify the performance of the network with a non-coherent reception. To carry out this study, two cases were required, which are simulation in the Optsim software and through implementation with physical equipment and in real time. In each case it was required a digital signal processor was done with Matlab mathematical software. The transmission of the system was carried out with a speed of 10 Gb / s with an optical link of 20 km of single-mode fiber G.652D, which were received by a non-coherent receiver consisting of a Mach Zehnder interferometer and two balanced photoreceptors . The results obtained in the experimentation prove that the DPSK-PON data transmission has a sensitivity of -12.84 dBm and in an OOK (On-Off Keying) signal it has around -11.85 dBm for a BER of 10^{-3} at a distance of 20 km with an amount of 200000 bits transmitted.

Keywords: PON, DPSK, Optical Network, Non-coherent Receiver.

¹Estudiante de Ingeniería Electrónica (mención Telecomunicaciones) - Universidad Politécnica Salesiana, UPS - sede Quito.

1. Introducción

Hoy en día los proveedores de servicios de telecomunicaciones y organizaciones como: la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers o Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), así como la ITU (International Telecommunications Union o Unión Internacional de Telecomunicaciones), buscan nuevos y mejores diseños de red para satisfacer la gran demanda en la velocidad de transmisión, ancho de banda, latencia, escalabilidad y un número masivo de clientes conectados a internet. Por lo que el uso de nuevos métodos de conexión como: las redes NGN (New Generation Network o Redes de Nueva Generación) que es una red capaz de soportar un sin número de aplicaciones y servicios con la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de trafico IP, con la flexibilidad para responder las exigencias del mercado debido a ser una red única, óptica pasiva y abierta de paquetes, basada en estándares [1]. Y las redes PON (Passive Optical Network o Redes Ópticas Pasivas) que normalmente se utiliza para redes FTTH (Fiber To The Home o Fibra Hasta La Casa) al ser una red que permite a los usuarios trabajar con mayor ancho de banda y mejores servicios al contar con accesos por medio de fibra Óptica [2]. Son de vital trascendencia para que los usuarios puedan acceder normalmente y con facilidad a la comunicación por internet. Debido a esto las redes NGN y PON son viables para las empresas prestadoras de servicio al momento de elegir técnicas que permitan ofrecer a los usuarios un mayor ancho de banda y mejorar siempre los servicios [2].

Al mismo tiempo este tipo de redes permiten una migración de elementos activos en una red por elementos pasivos, lo que conlleva a una reducción significativa de costos de implementación. Sin embargo, la demanda de tráfico en las redes que el internet tiene ha provocado un incremento en la velocidad de transmisión, y ancho de banda. Es por esto que comúnmente se emplea la detección no coherente debido a su bajo costo de implementación.

Se han venido realizando investigaciones sobre técnicas que se apliquen a una detección no coherente con la finalidad de solventar de esta manera esta necesidad. En los sistemas de detección no coherente es necesario que la señal

tenga la potencia suficiente para evitar problemas de sincronización [3]. Además [4] señala que, si el ancho de banda es un parámetro importante, el sistema DPSK (Differential Binary Phase Shift Keying o Modulación Por Desplazamiento Diferencial De Fase) es uno de los mejores y los más apropiados para la transmisión de datos, y si el consumo de la potencia es igual de importante, dicho sistema sigue siendo uno de los más recomendados en la transmisión de datos. Ya que DPSK es una técnica de modulación que va a trabajar con cambios de fase en la señal de salida, de esta forma cuando se transmite un 1 lógico no habrá ningún cambio de fase en la señal analógica de salida, por el contrario, al transmitir un 0 lógico en la señal de salida se producirá un cambio de fase de $+180^\circ$ [5].

Este artículo tiene como finalidad analizar el comportamiento de la detección no coherente en las redes de nueva generación utilizando una modulación DPSK-PON, a través del envío de 100000, 200000 y 300000 datos desde el generador de señales randomicas pasando sobre un enlace en 20 Km de fibra óptica monomodo (Simple Mode Fiber - SMF) G652D, para luego ser demodulado en un MZI (Interferometer Mach-Zehnder o Interferómetro Mach-Zehnder) que es un dispositivo físico encargado de generar interferencias al final del mismo, divide un haz incidente al sistema en dos haces secundarios que recorren diferentes caminos ópticos por un camino pasan los datos sin desfase y por el otro pasaran los datos desfasados y estos datos serán retrasados un tiempo de bit, a la salida del interferómetro los dos nuevos haces llegan a dos fotodiodos balanceados los cuales tienen como función pasar del dominio óptico al dominio eléctrico y así sumar las señales obteniendo como resultado la señal eléctrica original generada [6]. Por ultimo hacemos un Procesamiento off-line Digital de la señal (DSP) en el software Matlab.

El artículo está organizado de la siguiente forma: la sección II describe la estructura y el funcionamiento del sistema DPSK-PON implementado, la sección III se presenta y analiza los resultados obtenidos en la experimentación. Finalmente, en la sección IV se concluye el artículo.

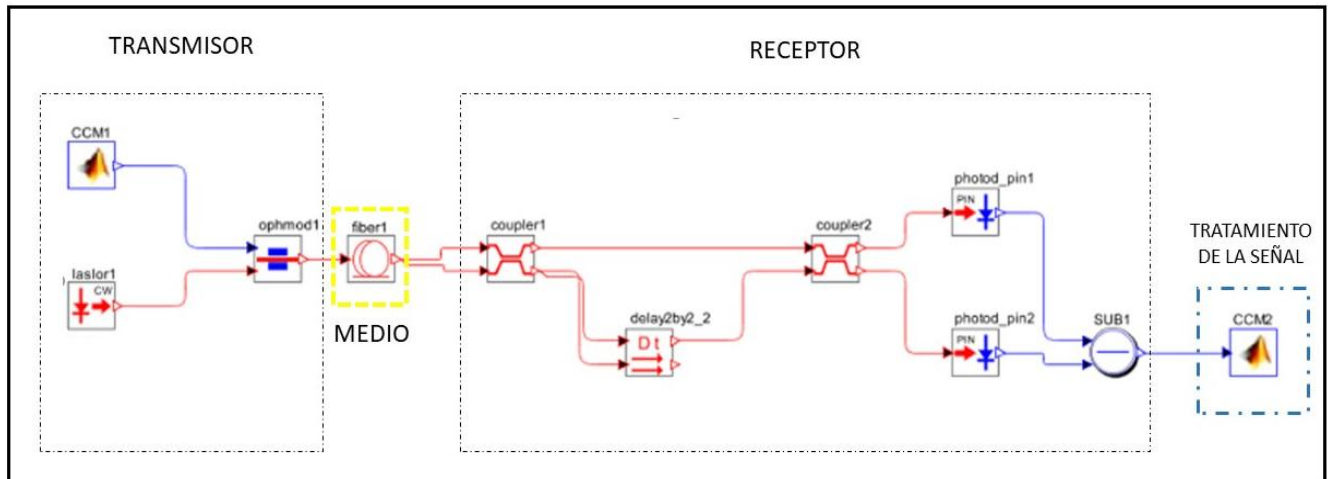


Fig. 1 Diagrama de la red DPSK simulada en el software Optsim

2. Simulación

2.1. Codificación de los Datos

Mediante el software matemático Matlab, se generó una secuencia de bits aleatorios, la cantidad de datos fue de 100000, 200000 y 300000 bits, los datos fueron modulados digitalmente con la técnica DPSK, una vez modulada la señal fue enviada por el sistema, además de esta señal se acoplo una secuencia de bits con una amplitud menor de uno con el fin de poder identificar donde empieza y termina la señal, de manera ayudamos a la correcta sincronización de los bits, después de la transmisión de los datos en el receptor no coherente.

2.2 Simulación en Optsim

La red óptica se realizó en el software Optsim, además de hacer co-simulación con el software Matlab como se muestra en la figura 1.

El transmisor de la red está compuesto por la codificación de datos previamente detallada en la sección 2.1.1. De tal manera que son enviados al software Optsim e ingresan a un modulador de fase, el cual está conectado a un láser Lorentziano de onda continua, que posee una potencia de 12dBm.

El medio que se utiliza para el enlace óptico fue de una fibra óptica monomodo estándar G.652.D de 20 km que posee una dispersión de 16 ps/nm*km, dicha fibra se conectó a la salida del modulador de fase y a la entrada del receptor no coherente.

Para la recepción del sistema se utilizó un MZI que se conforma por dos coupler de 3dB y un Delay de retardo, la entrada del primer coupler

está conectada a la fibra, posteriormente una salida del primer coupler se conecta al Delay que posee un retardo de 0.007 ns según la característica de un MZI debe tener un retardo de un bit, la siguiente salida del primer coupler se conecta a la entrada del segundo coupler, la salida del Delay se conecta a la otra salida del segundo coupler como se muestra en la figura 1.

Las dos salidas del segundo coupler van directamente conectadas a dos fotodiodos PIN, seguidamente las dos salidas de los fotodiodos ingresan a un sustractor donde la señal se une y pasa al módulo de Matlab donde se trata la señal nuevamente y se obtienen los datos transmitidos.

2.3 Procesamiento de la Señal

La señal que se obtuvo a la salida del software Optsim fue tratada mediante una decodificación de datos en el programa matemático Matlab, para que los datos recibidos puedan ser organizados y a su vez asignados a un nivel correspondiente para adquirir la misma señal y comparar los resultados mediante el BER.

2.4 Resultado de la simulación

La fig. 2 Muestra la curva del BER vs la Potencia que se obtuvo con valores de la simulación realizada en el software Optsim, utilizando un atenuador se logró un rango de variación entre 1 a 15 dB, teniendo como resultado una potencia factible de -20.47 que corresponde a un BER de 10^{-3} con una fibra óptica de 20 km de longitud con una dispersión de 16 ps/nm*km, haciendo que el sistema sea apto para poder implementarse con equipos reales.

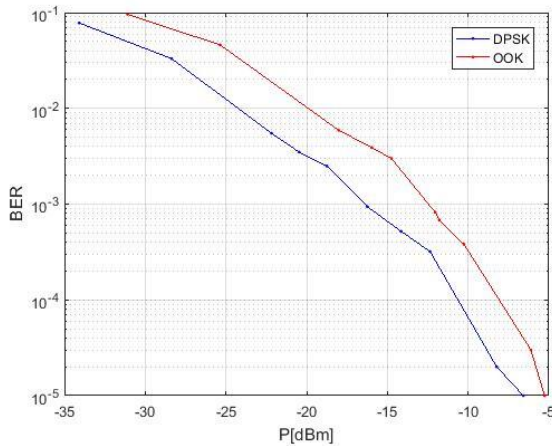


Fig. 2 Gráfica del BER vs Potencia de recepción (resultados de la simulación)

3. Experimentación

La implementación de la red DPSK-PON en la transmisión por un láser ajustable (Continuously Tunable Laser – H01) con una potencia de transmisión de 12 dBm [7], el cual se conectó a la entrada de un modulador de intensidad (MI) LN56S-FC, previamente caracterizado para que actuó como un modulador de fase a través de la variación del voltaje de bias (V_{bias}), determinando el nivel requerido 2π (5.3V) donde se desempeña en el rango de fase [8], se utilizó un amplificador PSPL5865 de 12.5Gb/s, sus pines 1, 3 y 7 alimentados a (+8v), (5v) y (GND) respectivamente [9], el cual se acoplo a un Generador Arbitrario de Señales (Arbitrary Waveform Generator-AWG) M8195A de 65 GSa/s (4 canales) [10], a su vez con la interrelación con Matlab permitieron la generación de datos que serán enviados por la fibra óptica a una velocidad de 10 Gb/s.

Para el enlace óptico se utilizó la fibra óptica monomodo (SMF) G652D de 20 km con una dispersión de 17 ps/nm*km, además de una atenuación de 0.2dB/km. Se acoplo un atenuador óptico variable (Variable Optical Attenuator), insertando un rango de atenuación entre 1 a 12 dB, evaluando diferentes cambios de potencia en la recepción para determinar el BER, obteniendo de esta manera la capacidad del sistema al incrementar la demanda.

En la parte de recepción del sistema es un receptor óptico no coherente (Non-Coherent Receiver), que emplean un MZI, dicho dispositivo se compone de dos coupler de 3dB y

un Delay line con un retardo de 100 ps [11][12], la salida de este dispositivo ingresa a un foto receptor LAB BUDDY Discovery DSC-R410-39-FC/UPC-G-2 [13], el mismo que son dos foto detectores balanceados que reciben la señal óptica y la transforman a una señal eléctrica (RF) en su salida y se enviaron al osciloscopio Keysight DSAV164A de 16GHz, de 4 canales analógicos a una frecuencia de 80GSa/s [14], donde se obtuvo la señal que se procesara en el software matemático de Matlab. Como se puede ver en la figura 4.

4. Análisis de Resultados

En la experimentación se comprobó una red DPSK-PON con una recepción no coherente, enviando una señal de 200000 datos por el sistema y se ajustó un rango de atenuación de entre 1 a 12 dB aproximadamente, para: 20 km de fibra óptica, a una velocidad de 10Gb/s, además se realizó una transmisión de las mismas características con una señal OOK, para comprobar la eficiencia del sistema.

La Figura 3 muestra la curva BER vs potencia de recepción para las diferentes señales. En el caso de la señal con modulación DPSK se obtuvo una potencia máxima de recepción de -12.84 dBm que corresponde a un BER de 10^{-3} en una longitud de 20 km de fibra, por otro lado para la señal OOK se constató una sensibilidad de -11.85 dBm para obtener un BER de 10^{-3} , con los valores obtenidos en la experimentación se verificó que la señal con modulación DPSK tiene un menor porcentaje de errores en los datos transmitidos que la señal OOK, obteniendo un mejor rendimiento.

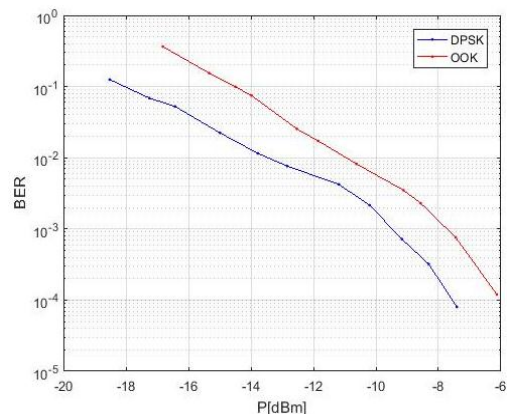


Fig 3. Gráfica BER vs Potencia de Recepción

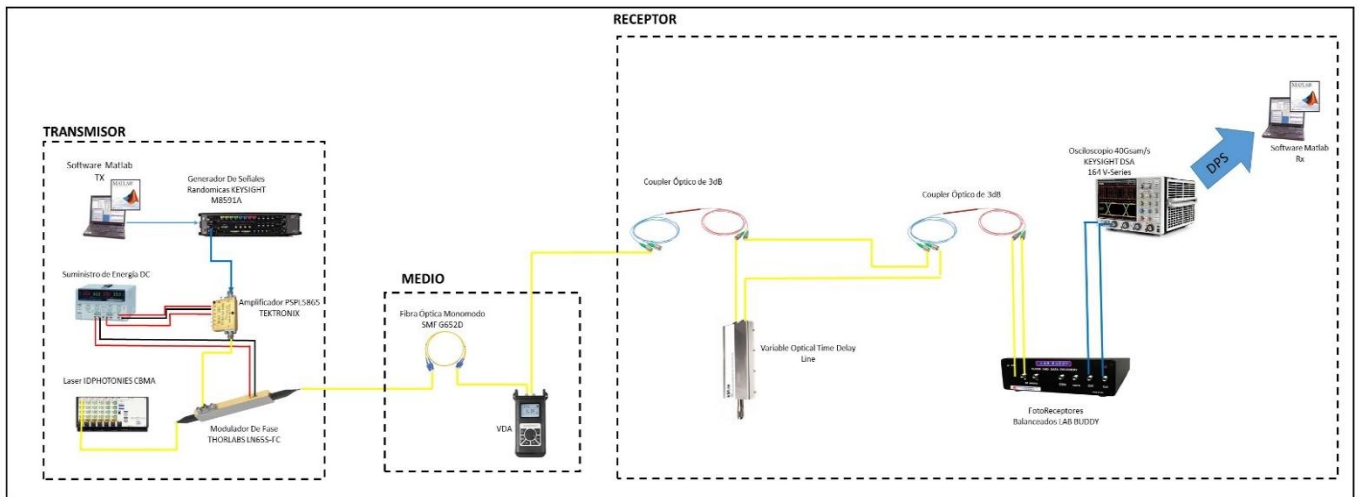


Fig. 4 Diseño de la Red DPSK-PON No Coherente

Tabla 1. Valores con atenuación de una señal DPSK

Potencia de Recepción dBm	BER
-7.14	$8 * 10^{-5}$
-8.31	$3.2 * 10^{-4}$
-9.12	$7.2 * 10^{-4}$
-10.2	$2.15 * 10^{-3}$
-11.19	$4.23 * 10^{-3}$
-12.84	$7.63 * 10^{-3}$
-13.78	$1.151 * 10^{-2}$
-14.99	$2.236 * 10^{-2}$
-16.43	$5.267 * 10^{-2}$

Tabla 2. Valores con atenuación de una señal OOK

Potencia de Recepción dBm	BER
-6.13	$1.2 * 10^{-4}$
-7.45	$7.6 * 10^{-4}$
-8.57	$2.3 * 10^{-3}$
-9.12	$3.5 * 10^{-3}$
-10.62	$8.18 * 10^{-3}$
-11.85	$1.724 * 10^{-2}$
-12.53	$2.541 * 10^{-2}$
-13.98	$7.469 * 10^{-2}$
-14.50	$9.941 * 10^{-2}$

Además, se realizó una experimentación con diferentes cantidades de datos transmitidos por el sistema, se enviaron en un rango de 100000 a 300000 bits por el sistema DPSK-PON, esto con la finalidad de verificar cual es la cantidad de datos que se puede transmitir por la red, obteniendo como resultados para el rango de bits un BER de 10^{-5} sin atenuación y con fibra óptica de 20 km, demostrando la capacidad de datos que pueden enviarse en este tipo de sistemas.

5. Conclusiones

En la investigación realizada se ha demostrado la factibilidad de trabajo de una red DPSK-PON con recepción no coherente, donde mediante la simulación y la experimentación se ha comprobado la viabilidad al implementar un sistema de este tipo, obteniendo resultados favorables en cuanto a transmisión de datos se refiere, teniendo como resultado un BER de 10^{-5} en una transmisión sin atenuación en un alcance de 20 km y una velocidad de 10Gb/s, además de tener un mejor rendimiento en la comparación con una señal OOK, teniendo un BER de 10^{-3} y una potencia de recepción de -12.84 dBm, mientras que para la otra señal se obtuvo una potencia de recepción de -11.85 dBm con el mismo BER.

Por lo tanto, la señal modulada con DPSK muestra que se necesita menor potencia para trabajar eficientemente en relación a una señal OOK en un sistema de recepción no coherente, tomando en cuenta el BER obtenido y la potencia de recepción que se analizaron.

6. Referencias

- [1] MSc. Ing. R. Pérez Sierra, “Próxima Generación de Redes (NGN)”, Seguridad en las redes, pp. 1-3.
- [2] J. S. Guevara Henao, “Tecnologías de redes Pon”, *Consult. Tecnol. redes PON*, pp. 1–3, 2011.
- [3] M. Mezoa, “Detección no coherente para modulaciones OOK y FSK”, OpenStax-CNX and licensed under the Creative Commons Attribution License 3.0., vol. QE-17, p. 1, 2011.
- [4] Dr. Ing. J. E. Briceño “Principios De Las Comunicaciones”, Taller de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, pp. 416-419, Venezuela, 2012.
- [5] J. Luque, S. Clavijo “Modulación De Señales Digitales”, Universidad de Sevilla, Departamento de Tecnología Electrónica, pp. 41-43, 1995.
- [6] M. Garcia, E. Díaz, “Interferómetro de Mach Zender”, pp. 1,5-8.
- [7] Style, S. Mainframe Series for CoBrite MX Laser. Retrieved from www.id-photonics.com
- [8] Thorlabs, “10 GHz Lithium Niobate Modulators.” [Online]. Available: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=3918.
- [9] Tektronix, “Data Sheet: PSPL5865, 12.5 Gb/s Driver Amplifier,” pp. 1–8.
- [10] P. Hindle, G. Lerude, and M. Journal, “M8195A 65 GSa/s Arbitrary Waveform Generator” pp. 2013–2015, 2015.
- [11] Ag, E. (2017). Typical Performance. Current, 01, 8952–8952. Retrieved from www.thorlabs.com/contact.
- [12] Wachsman, J. M. (2003). Variable optical delay. Retrieved from www.kylia.com.
- [13] 40G DPSK DQPSK Balanced Optical Receivers. (n.d.). Retrieved January 22, 2019, from http://www.discoverysemi.com/Product_Pages/DSCR410.php.
- [14] Keysight Technologies, “Data Sheet: Infiniium V-Series Oscilloscopes.

